

Научная статья

УДК 538.91, 538.951

ПРОЧНЫЕ НИЗКОМОДУЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ Ti–Fe СО СКВОЗНОЙ ПОРИСТОЙ МИКРОСТРУКТУРОЙ ДЛЯ БИОМЕДИЦИНСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Артем Владимирович Окулов

Институт физики металлов имени М. Н. Михеева УрО РАН,
Екатеринбург, Россия

okulovartem@imp.uran.ru

Аннотация. Настоящая работа посвящена исследованию сквозных пористых Ti–Fe сплавов, синтезированных методом деаллоинга в жидком Mg исходного сплава Ti–Fe–Cu с использованием нескольких параметров процесса деаллоинга. Подробные результаты исследования опубликованы в работе [1].

Ключевые слова: деаллоинг в жидком металле, пористый материал, Ti–Fe, биоматериал, механические свойства

Финансирование: работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России (тема «Лазер», № АААА–А19–119070490049–8).

Original article

STRENGTH LOW MODULUS Ti–Fe-BASED MATERIALS WITH OPEN POROUS MICROSTRUCTURE FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Artem Vladimirovich Okulov

Institute of Metal Physics named after M. N. Mikheev Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

okulovartem@imp.uran.ru

Abstract. The present work is concerned with the research of open porous Ti–Fe alloys synthesized by dealloying in liquid Mg of the initial Ti–Fe–Cu alloy using several parameters of the dealloying process. Detailed results of the research are published in [1].

Keywords: dealloying in liquid metal, porous material, Ti–Fe, biomaterial, mechanical properties

Funding: the work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia (topic “Laser”, № AAAA19–119070490049–8).

Сплавы на основе титана являются наиболее распространенными материалами, применяемыми в качестве биомедицинских имплантатов, что связано с сочетанием их выдающихся характеристик: высокая прочность, низкий модуль Юнга, высокая коррозионная стойкость, биосовместимость и биоинертность, способствующая высокой динамике остеоинтеграции [2]. Несмотря на вышеперечисленные благоприятные характеристики титановых сплавов, их жесткость все же превышает жесткость кортикальной кости человека, что может привести к эффекту «экранирования напряжения», провоцирующему резорбцию кости и, как итог, к полному отторжению имплантата [2]. Одним из возможных решений данной проблемы является разработка низкомодульных пористых материалов на основе титана с помощью деаллоинга в жидком металле [3–5].

Целью настоящего исследования является изучение влияния легирования титана β -стабилизирующим элементом Fe на микроструктуру, фазообразование и механическое поведение пористого сплава Ti–Fe, полученного методом деаллоинга.

Согласно полученным дифрактограммам, образцы Ti–Fe, синтезированные с использованием двух параметров процесса деаллоинга, а именно 800 °C в течение 10 мин и 900 °C в течение 5 мин, состоят из α/α' - и β -фаз. Стабилизация β -Ti фазы при комнатной температуре происходит за счет легирования железом. Элементный анализ (ЭДС) показал, что химический состав полученных пористых образцов Ti–Fe соответствует ожидаемому составу $Ti_{95}Fe_5$ (ат. %). Важно подчеркнуть, что биологически вредная Si не была обнаружена в полученных пористых образцах Ti–Fe, хотя изначально она присутствует в сплаве-предшественнике.

На поверхности обоих пористых образцов $Ti_{95}Fe_5$ (ат. %), полученных с помощью процесса деаллоинга, обнаружены макроскопические трещины. Концентрация пор у сплава $Ti_{95}Fe_5$, полученного при температуре 800 °C, больше по сравнению с образцом после деаллоинга при температуре 900 °C. Средние размеры пор и лигаментов настоя-

щих сплавов составляют около 0,55–0,57 мкм и 1,5–2,0 мкм соответственно. Анализ механического поведения полученных образцов при сжатии показал, что значения их предела текучести и модуля упругости достигают около 185 МПа и 6,4–6,9 ГПа соответственно.

Список источников

1. Okulov A. V., Berger S. A., Okulov I. V. Microstructure and Mechanical Properties of Porous Ti-Fe Alloy Synthesized by Liquid Metal Dealloying // Metals. 2021.
2. Ti based biomaterials, the ultimate choice for orthopaedic implants — A review / M. Geetha [et al.] // Prog. Mater. Sci. 54. 2009. P. 397–425.
3. Okulov I. V., Weissmüller J., Markmann J. Dealloying-based interpenetrating-phase nanocomposites matching the elastic behavior of human bone // Sci. Rep. 7. 2017. 20 p.
4. Dealloying-based metal-polymer composites for biomedical applications / A. V. Okulov [et al.] // Scr. Mater. 146. 2018. P. 290–294.
5. Open porous dealloying-based biomaterials as a novel biomaterial platform / I. V. Okulov [et al.] // Mater. Sci. Eng. C. 88. 2018. P. 95–103.